

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **64-028984**

(43)Date of publication of application : **31.01.1989**

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : **62-185923**

(71)Applicant : **NEC CORP**

(22)Date of filing : **24.07.1987**

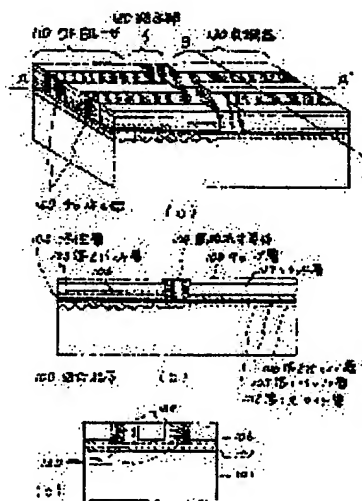
(72)Inventor : **MURATA SHIGERU**

### (54) SEMICONDUCTOR OPTICAL INTEGRATED ELEMENT

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain an optical integrated element which increases the coupling efficiency of a laser with an optical element, provides sufficient electrical isolation and has simple manufacturing steps, by integrating the element having a first optical guide layer and a second optical guide layer without providing the second optical guide layer at a coupling section and a channel section, and burying it with a high resistance semiconductor.

**CONSTITUTION:** A modulator 130 has, in addition to a first optical guide layer 102 a second optical guide layer 106. In order to control the lateral mode of a DFB laser 110 and the modulator 130, a structure for burying with a high resistance semiconductor 109 is formed. Further, a coupling section 120 between the laser 110 and the modulator 130 is also formed of the semiconductor 109. The lateral mode control structure of the modulator 130 is formed in a so-called strip buried structure. That is, the second optical guide layer of a channel section 140 is removed, and this section is buried with the semiconductor 109 having a low refractive index.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-28984

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)1月31日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 半導体光集積素子

⑯ 特 願 昭62-185923

⑰ 出 願 昭62(1987)7月24日

⑱ 発 明 者 村 田 茂 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

#### 明 細 書

発明の名称 半導体光集積素子

#### 特許請求の範囲

一つの半導体基板上に、半導体レーザと前記半導体レーザの発振波長に対して透明な第1光ガイド層および第2光ガイド層を少なくとも含む光素子とを集積化し、前記半導体レーザと前記光素子とが前記第1光ガイド層を含む結合部によって光学的に結合されており、かつ前記光素子の動作領域が2つのチャンネル部によって形成されており、前記結合部および前記チャンネル部は前記第2光ガイド層が設けられておらずかつ高抵抗半導体で埋め込まれていることを特徴とする半導体光集積素子。

#### 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は半導体レーザと光素子とを集積化した半導体光集積素子に関する。

(従来の技術)

半導体レーザとレーザ光の強度や周波数等を制御する変調器とを一つの半導体基板上に集積化した光集積素子は、コヒーレント光通信や長距離大容量の光通信システムにおいて重要なデバイスである。特に共振器内に回折格子を有するDFBレーザやDBRレーザを用いた光集積素子は、これらのレーザがへき開面を必要としない点で集積化に向いている。従来このような光集積素子として以下のような例が報告されている。まず第3図に示した素子は、本発明者らによってエレクトロニクス・レターズ誌(S. Murat et al., Electron Lett., Vol.23, PP12-14, 1987)に報告されたDFBレーザ310とレーザの周波数を変調する変調器330とをInP基板301の上に集積化した光集積素子である。変調器330に注入する電流を変調することにより、DFBレーザ310の実効的な端面位相を変化させ、レーザの周波数を変調できる。この素子の特長は、DFBレーザ310と変調器330とが光ガイド層302で光学的に結合されている点である。このため高い結合効率を得られている。結合部320は中央付近を除いて化学

エッチングによる溝が形成されており、これによってDFBレーザ310と変調器330の電気的分離を行っている。第2の従来例としては、図には示していないが、鈴木らによって電子通信学会技術研究報告(鈴木他、OQE87-21,1987年5月)に報告されたDFBレーザとフランチ・ケルディッシュ型変調器とを集積化した光集積素子がある。DFBレーザのレーザ光を変調器で強度変調することにより、Gb/s以上の高速変調時にもスペクトル広がり非常に小さい。この素子の長は、DFBレーザと変調器の間の結合部にポリイミドを用いている点である。これによってDFBレーザと変調器の電気的分離を行っている。この素子では変調器は逆バイアス状態で電界を印加して使用するため、DFBレーザとの電気的分離は極めて重要である。

(発明が解決しようとする問題点)

従来例に示した光集積素子には次のような問題点があった。まず、第3図に示した例では、結合部320の中央部分の半導体層が残っているために必ずしも十分な電気的分離ができていない。実際、分

離抵抗は1k $\Omega$ 程度である。このためDFBレーザ310から変調器330へのもれ電流が生じていた。またこの変調器330を電流注入型ではなく、逆バイアスをかけた電界印加型で使おうとした場合、もれ電流のため十分な電界をかけることはできなかった。電界印加型の変調器はGb/s以上の高速変調が可能だが、電流注入型では変調速度がキャリア寿命で制限されるためGb/s以上の高速変調は困難である。

一方、第2の従来例では、結合部にポリイミドを使用しているために分離抵抗は1M $\Omega$ 以上あり、Gb/s以上の高速の変調器として使用できる。しかしながら、ポリイミドという半導体とは屈折率が大きく異なる物質で結合部を形成しているため、この部分での光の散乱損失が非常に大きく、光集積素子として重要な結合効率10%程度と低かった。また2つの従来例とも製作工程が複雑で光集積素子としての歩留りが余り高くないという問題点も有していた。

本発明の目的は、この問題点を改善し、レーザと光素子との結合効率が大きく、電気的分離が十分にとれ、かつ高い歩留りが期待できる製作工程の簡単な光集積素子を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明の構成は一つの半導体基板上に、半導体レーザと前記半導体レーザの発振波長に対して透明な第1光ガイド層および第2光ガイド層を少なくとも含む光素子とを集積化し、前記半導体レーザと前記光素子とが前記第1光ガイド層を含む結合部によって光学的に結合されており、かつ前記光素子の動作領域が2つのチャンネル部によって形成されており、前記結合部および前記チャンネル部は前記第2光ガイド層が設けられておらずかつ高抵抗半導体で埋め込まれていることを特徴とする。

(実施例)

次に図面により、本発明の詳細を説明する。

第1図(a)は、本発明の第1の実施例を示す斜視図、第1図(b)と(c)は、それぞれ直線AA'とBB'における断面図である。この光集積素子はDFBレーザ

110と変調器130とからなり、基本的な機能は、第3図に示した従来例と同じである。すなわち、変調器130に逆バイアスをかけ、印加電圧を変調することにより、第1の光ガイド層の屈折率を変化させ、DFBレーザ110の周波数を変調する。本実施例の長は、変調器130が第1の光ガイド層102の他に第2の光ガイド層106を有していること、DFBレーザ110と変調器130の横モード制御のために、高抵抗半導体109による埋め込み構造となっていること、およびDFBレーザ110と変調器130の間の結合部120がやはり高抵抗半導体109で形成されていることである。変調器130が第2の光ガイド層106を有している理由は、後に述べるように光集積素子として重要な製作プロセスの簡略化のためである。第1図(c)に示したように、変調器130の横モード制御構造はいわゆるストリップ埋め込み構造となっている。すなわちチャンネル部140の第2の光ガイド層が除去され、この部分が屈折率の低い高抵抗半導体109で埋め込まれた構造となっている。第1の光ガイド層102は全面に残っている。

また第1図(b)に示したように、DFBレーザ110と変調器130が高抵抗半導体109で埋め込まれた結合部120で光学的に結合されている理由は、これによって変調器130を逆バイアスで使用する場合でも十分な電気的分離が実現できること、および、高抵抗半導体109がDFBレーザ110や変調器130のクラッド層107と同じ屈折率であるため、結合部120での光の散乱損失が小さいことである。さらに結合部120には第1の光ガイド層102が残されているために光学的には高い結合効率を得られる。本実施例では、DFBレーザも変調器130と同じ埋め込み構造となっている。ここではDFBレーザ110にも第2の光ガイド層106があるが、これは後に述べる製作プロセスに依存するもので、製作プロセスを変更すれば必ずしも必要ない。

以下、具体的な製作プロセスと素子特性について述べる。

まずn-InP基板101上の一部に周期240nmの回折格子100を形成する。1回目の液相エピタキシャル成長法によって、この上にn-InGaAsP第1光ガイド

層( $\lambda_g=1.3\mu\text{m}$ )102、n-InPバッファ層103、InGaAsP活性層( $\lambda_g=1.55\mu\text{m}$ )104、p-InGaAsP第2バッファ層( $\lambda_g=1.3\mu\text{m}$ )105を順次成長する。次に化学エッチングにより、変調器130の部分の第2バッファ層105と活性層104を選択的に除去する。次に、2回目の液相エピタキシャル成長法によって、全体に、p-InGaAsP第2光ガイド層( $\lambda_g=1.3\mu\text{m}$ )106、p-InPクラッド層107、p-InGaAsPキャップ層108を順次成長する。次に、表面にSiO<sub>2</sub>膜のパターンを形成し、この膜をエッチングマスクとして結合部120およびチャンネル部140のキャップ層108、クラッド層107、第2光ガイド層106を選択化学エッチングにより除去する。この時、DFBレーザ110の部分では、チャンネル部の第2バッファ層105と活性層104が同じ4元混晶からなる第2光ガイド層106と同時にエッチングされる。エッチングは第1バッファ層で止まる。結合部120の溝幅は10 $\mu\text{m}$ 、チャンネル部140の溝幅は20 $\mu\text{m}$ である。このように選択エッチングによって結合部120とチャンネル部140が同時にエッチング

できることで製作プロセスを簡略化できる。次に、上述のSiO<sub>2</sub>膜をそのまま選択成長のマスクとして用い、ハイドライド気相エピタキシャル成長法によってFeをドーブした高抵抗InP109を溝部に成長する。この気相成長法では、成長時間等を適当に制御することで結合部120とチャンネル部140の溝を同時に、かつ表面が平坦となるように埋め込むことができる。したがって素子分離などに複雑なプロセスを必要としない。2つのチャンネル部140に挟まれたDFBレーザ110と変調器130の活性領域の幅はともに約2 $\mu\text{m}$ である。最後に、SiO<sub>2</sub>膜を除去し、DFBレーザ110と変調器130の部分に電極を形成し、へき開によって素子を切り出す。DFBレーザ110の長さは300 $\mu\text{m}$ 、変調器130の長さは200 $\mu\text{m}$ である。こうして製作した素子のDFBレーザ110と変調器130の間の分離抵抗は100M $\Omega$ 以上であった。これは変調器130を逆バイアスで使用情况でもDFBレーザ110からのみ電流がほとんどなく電界効果を利用した高速の変調が可能であることを示している。光学的な結合効率は

80%以上の値が得られた。素子の動作特性としては、次のような特性が得られた。DFBレーザ110のしきい値は15~20mA、発振波長は1.55 $\mu\text{m}$ 、DFBレーザ110の光出力を5mWとし、変調器130の逆バイアス電圧を変調した時、周波数変調効率は500MHz/V以上の値が得られた。カットオフ周波数は2.5GHzであった。また上述のように本発明の構造は製作プロセスが簡単なため8割以上の高い歩留りが得られた。

第2図は、本発明の第2の実施例を示す共振器軸方向の断面図である。この光集積素子は基本的にはDBRレーザであるが、回折格子200を有するDBR部230にも電極があり、電流注入または電界印加によって、DBR部230の屈折率を変え、第1の実施例と同様に、レーザの周波数を変化させることができる。横モード制御の構造や結合部220の構造などは第1の実施例と同じであり、異なる点は主として回折格子200が、活性部210ではなく変調器となるDBR部230にある点である。したがって製作プロセスは第1の実施例とほとんど同じであり、高い

製作歩留りが得られた。素子特性としては周波数変調効率が300MHz/V、カットオフ周波数は2GHz以上であった。

実施例では、DFBレーザと変調器の光集積素子や、周波数変調が可能なDBRレーザを例として説明したが、本発明によれば半導体レーザと種々の光ガイド型の光素子、例えば回折格子形波長フィルタなどを一つの基板上に集積化した半導体光集積素子を高い歩留りで製作することが可能である。なお第1の実施例では、DFBレーザ110にも第2光ガイドが形成されていたが、先に述べたように、製作プロセスを変更すれば、この層は必ずしも必要ではない。具体的には変調器130の各層をDFBレーザ110とは別の選択成長によって形成すればよい。この場合にも第2光ガイド層106が必要ないことはいうまでもない。このことは第2の実施例についても言える。

またいずれの場合にも第1光ガイド層に量子閉戸構造を適用すれば変調効率は大幅に向上する。こ

の場合にも、基本的な素子構造および製作プロセスに変化はない。

また以上述べた実施例ではレーザと変調器のチャネル部及び結合部に共通に、第2光ガイド層を除去したあとに高抵抗半導体層109,209を設けた。しかし少なくとも変調器のチャネル部及び結合部が前記のような高抵抗半導体層であれば発明の目的は達成できる。

また、本発明は、実施例で用いた以外の結晶成長法、例えば有機金属気相成長法を用いても製作可能であり、さらにGaAlAs系など他の材料系にも適用できる。

(発明の効果)

以上述べてきたように、本発明によれば、電気的分離が大きくとれ、光学的な結合効率高く、かつ製作プロセスが簡単な半導体レーザと光素子を一つの基板上に集積化した光集積素子を実現できる。DFBレーザと周波数変調器とを集積化した例では、分離抵抗100MΩ、結合効率80%、2GHz以上

まで変調可能な光集積素子が高い歩留りで得られた。

図面の簡単な説明

第1図(a)は、本発明の第1の実施例を示す斜視図、第1図(b)と(c)は、そのAA',BB'における断面図、第2図は第2の実施例を示す断面図、第3図は従来例を示す斜視図である。

図において、110,310はDFBレーザ、210は活性部、120,220,320は結合部、130,330は変調器、230はDBR部、140はチャネル部、100,200,300は回折格子、101,201,301は基板、102,202,302は第1光ガイド層、103は第1バッファ層、104は活性層、105は第2バッファ層、106,206は第2光ガイド層、107はクラッド層、108はキャップ層、109,209は高抵抗半導体をそれぞれ示す。

代理人 井理士 内原 晋

